

**STUDI PENGARUH METODE PENGECORAN TERHADAP DENSITY,  
POROSITAS, STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Progam Studi  
Strata I Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**GALANG EKA PERMANA  
D200171148**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2020**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**STUDI PENGARUH METODE PENGECORAN TERHADAP  
DENSITY, POROSITAS, STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:



**GALANG EKA PERMANA**  
**D200171148**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen  
Pembimbing



**Patna Partono, S.T., M.T.**  
**NIDN. 0604096902**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**STUDI PENGARUH METODE PENGECORAN TERHADAP  
DENSITY, POROSITAS, STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN**

**OLEH**  
**GALANG EKA PERMANA**  
**D200171148**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji**  
**Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin**  
**Universitas Muhammadiyah Surakarta**  
**Pada hari Jum'at, 03 Januari 2020**  
**dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

**1. Patna Partono, S.T., M.T.**

**(Ketua Dewan Penguji)**

(.....)

**2. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D**

**(Anggota I Dewan Penguji)**

(.....)

**3. Muhammad Syukron, S.T., M.Eng., Ph.D**

**(Anggota II Dewan Penguji)**

(.....)

**Dekan,**



**Dr. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM.**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, Januari 2020

Penulis



**GALANG EKA PERMANA**

**D 200171148**

# STUDI PENGARUH METODE PENGECORAN TERHADAP DENSITY, POROSITAS, STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti pengaruh metode pengecoran terhadap *density*, porositas, kekerasan dan struktur mikro. Material yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah Aluminium daur ulang dari piston bekas. Proses pengecoran ini menggunakan metode *sand casting*, *gravity die casting* dan *pressure die casting* dengan menguji *density*, porositas dengan kamera, komposisi kimia dengan alat *emmission spectrometry* standar ASTM E1251-94, struktur mikro dengan mikroskop metalografi standar ASTM E384-11 dan kekerasan dengan alat uji kekerasan *Vickers* standar ASTM E3-11. Hasil pengujian komposisi kimia dengan bahan dari piston bekas mengandung komposisi kimia Al 87,13%, Si 6,14%, Zn 2,87 % Mengacu pada standar ASTM B85-03 *Standard Specification for Aluminum-Alloy Die Casting Aluminum* hampir mirip dengan jenis Aluminium C433.0. *Sand casting* mempunyai nilai *density* yang sangat kecil dengan nilai 2507,02 kg/m<sup>3</sup> dengan cacat porositas yang paling banyak, metode pengecoran *gravity die casting* mempunyai nilai *density* lebih kecil dengan nilai 2553,76 kg/m<sup>3</sup>, metode pengecoran *pressure die casting* mempunyai nilai *density* yang tinggi dengan nilai 2660,81 kg/m<sup>3</sup> dengan cacat porositas yang paling sedikit. Hal ini dapat disimpulkan pada pengamatan porositas semakin tinggi nilai *density* maka porositas yang terjadi semakin sedikit. Hasil pengujian kekerasan dengan metode *sand casting* memiliki nilai kekerasan sebesar 102,74 HVN, *gravity die casting* memiliki nilai kekerasan sebesar 113,22 HVN, *pressure die casting* memiliki nilai kekerasan sebesar 123,46 HVN. Dari data tersebut menunjukkan bahwa metode pengecoran berpengaruh pada nilai kekerasan pada produk cor Aluminium. Dimana nilai kekerasan dipengaruhi oleh *density* dan porositas yang terjadi. Metode pengecoran *sand casting* memiliki fasa  $\beta$  (Si) yang lebih renggang dan berbentuk lebih besar, metode pengecoran *gravity die casting* memiliki fasa  $\beta$  (Si) mulai terlihat kecil dan merata, metode pengecoran *pressure die casting* memiliki fasa  $\beta$  (Si) yang rapat dan ukurannya mengecil.

**Kata Kunci:** *Sand casting*, *Gravity die casting*, *Pressure die casting*, Aluminium.

## Abstract

The purpose of this research is to examine the effect of casting method on density, porosity, hardness and microstructure. The material used in this research is recycled Aluminum from used pistons. This casting process uses sand casting, gravity die casting and pressure die casting methods by testing the density, porosity with the camera, chemical composition with the ASTM E1251-94 standard emission spectrometry, microstructure with ASTM E384-11 standard metallographic microscope and hardness with the test equipment ASTM standard hardness Vickers E3-11. Chemical composition test results with materials from used pistons containing chemical composition of Al 87.13%, Si 6.14%, Zn 2.87% based on ASTM B85-03 standard Standard Specification for Aluminum-Alloy

Die Casting Aluminum is almost similar to the type of Aluminum C433.0. Sand casting has a very small density value with  $2507.02 \text{ kg/m}^3$  with the most porosity defects, the gravity die casting method has a smaller density value with  $2553.76 \text{ kg/m}^3$ , the pressure die casting method has a density value which is high with  $2660.81 \text{ kg/m}^3$  with the least porosity defects. This can be concluded from the observation that the higher the porosity of the density value, the less porosity that occurs. The hardness test results using the sand casting method have a hardness value of 102.74 HVN, gravity die casting has a hardness value of 113.22 HVN, the pressure die casting has a hardness value of 123.46 HVN. From these data it shows that the casting method influences the hardness value on Aluminum cast products. Where the value of hardness is influenced by density and porosity that occur. Sand casting method has a more tenuous and larger  $\beta$  (Si) phase, gravity die casting method has  $\beta$  (Si) phase starting to look small and evenly distributed, pressure die casting method has dense and  $\beta$  (Si) phase which is dense and its size to shrink.

**Keywords:** Sand casting, Gravity die casting, Pressure die casting, Aluminium

## 1. PENDAHULUAN

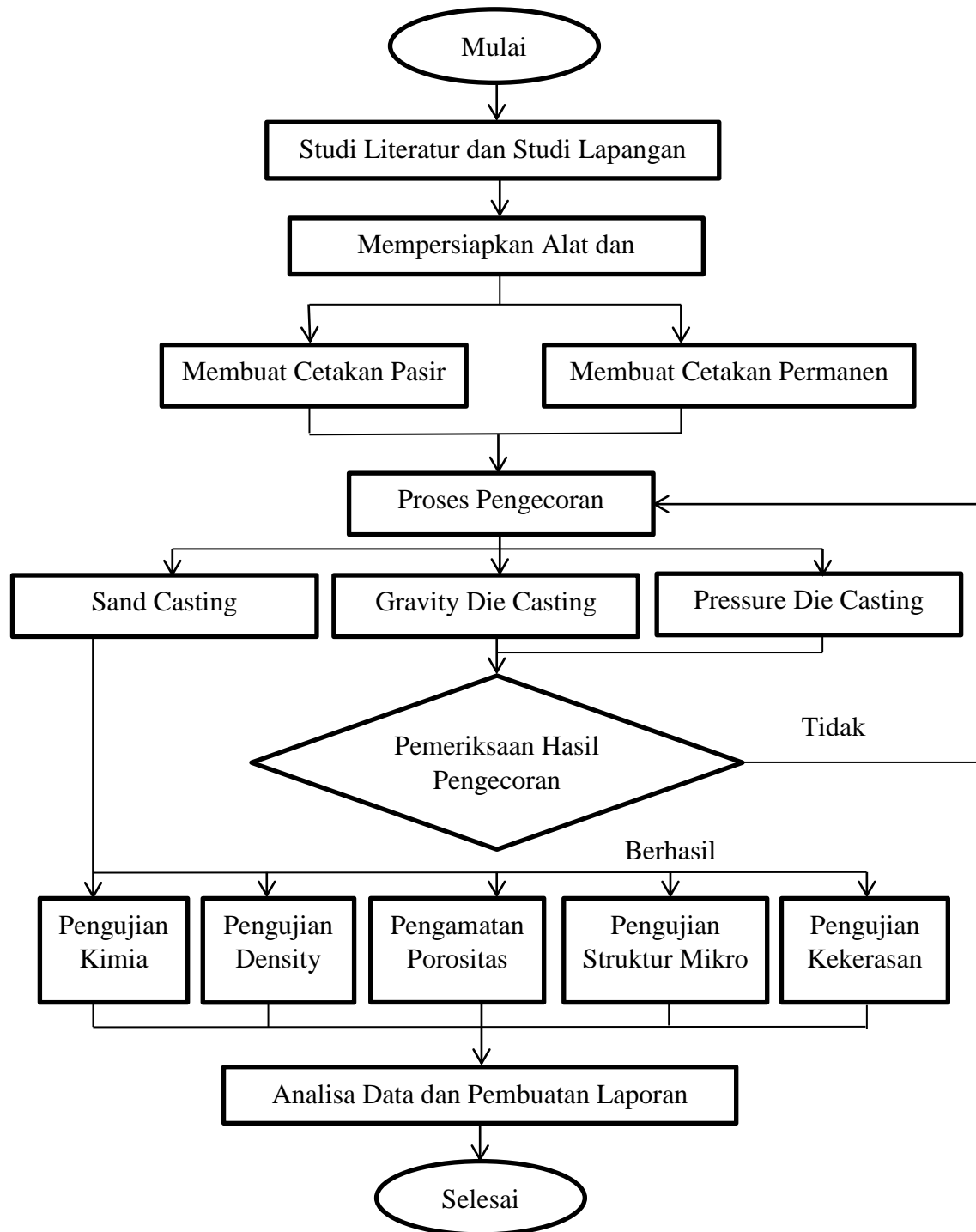
Di era yang semakin maju saat ini menuntut manusia untuk melakukan rekayasa guna memenuhi kebutuhan yang semakin kompleks, tak terkecuali dalam hal teknologi pengecoran logam. Pengecoran logam merupakan suatu proses pembuatan benda yang dilakukan melalui beberapa tahapan mulai dari pembuatan pola, cetakan, proses peleburan, proses menuang, membongkar dan membersihkan coran.

Salah satu metode pengecoran adalah *sand casting*. *Sand casting* mempunyai kekurangan diantaranya, cetakan hanya dipakai satu kali, menghasilkan rongga udara yang berakibat munculnya porositas pada hasil produk coran, memiliki nilai density kecil yang berakibat pada nilai kekerasan. *Gravity die casting* dapat menutupi kekurangan *sand casting* yaitu dapat digunakan berkali – kali, mengurangi porositas yang terjadi pada hasil produk cor, bertambahnya nilai *density* karena berkurangnya porositas.

Dengan semua kelebihan yang ada pada *gravity die casting* ternyata sifat fisik dan mekanik pada hasil coran dapat ditingkatkan kembali menggunakan metode *pressure die casting*. Dari uraian diatas, perlunya penelitian tentang pengaruh metode pengecoran terhadap *density*, porositas, struktur mikro dan kekerasan. Sehingga hasil penelitian ini dapat menjadi pertimbangan dalam menggunakan metode pengecoran agar lebih efektif dan efisien.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

## 2.2 Proses Penelitian

### 2.2.1 Penuangan dan pembongkaran *sand casting*

1. Mengukur temperatur coran Aluminium cair sampai sekitar 700°C menggunakan *thermometer* inframerah.



Gambar 2. Mengukur temperatur coran

2. Membuang residu hasil oksidasi pada Aluminium cair.
3. Menuangkan coran kedalam cetakan pasir dan permanen.



Gambar 3. Proses Penuangan

4. Memberi tekanan pada metode *pressure die casting*.
5. Membongkar cetakan agar produk dapat diperiksa secara fisik.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi Kimia.

No	Unsur	Sampel Uji Kandungan (%)
1	Al	87,13
2	Si	6,14
3	Zn	2,8744
4	Fe	1,7992
5	Cu	1,507
6	Ni	0,1958

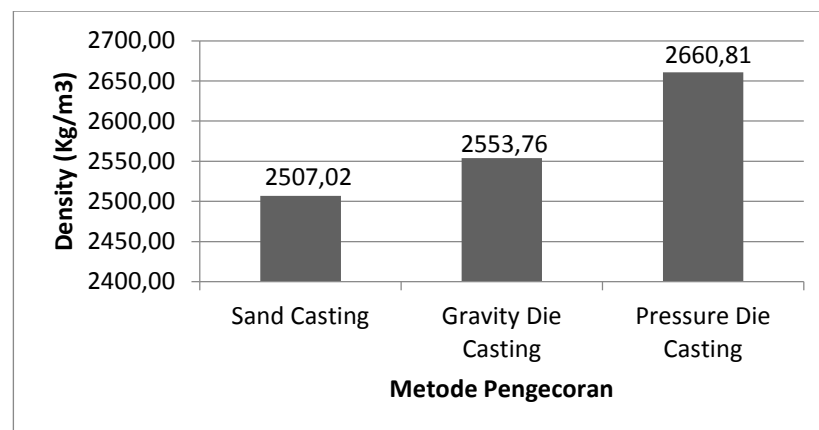


7	Pb	0,1889
8	Mn	0,0633
9	Mg	0,0483
10	Ti	0,0400
11	Cr	0,0112
12	Sn	0,0002
13	Lain - lain	0,0017

Menurut data yang ditampilkan diatas terdapat 13 unsur yang ada pada material ini, melihat kandungan yang ada maka dapat diklasifikasikan kedalam jenis Aluminium - Silikon. Mengacu pada standar ASTM B85-03 *Standard Specification for Aluminum-Alloy Die Casting Aluminum* hampir mirip dengan jenis Aluminium C443.0.

### 3.2 Hasil Perhitungan *Density*

Dalam menghitung *density*, pola kita potong dengan bentuk prisma trapesium agar dalam pengukuran spesimen semakin mudah.



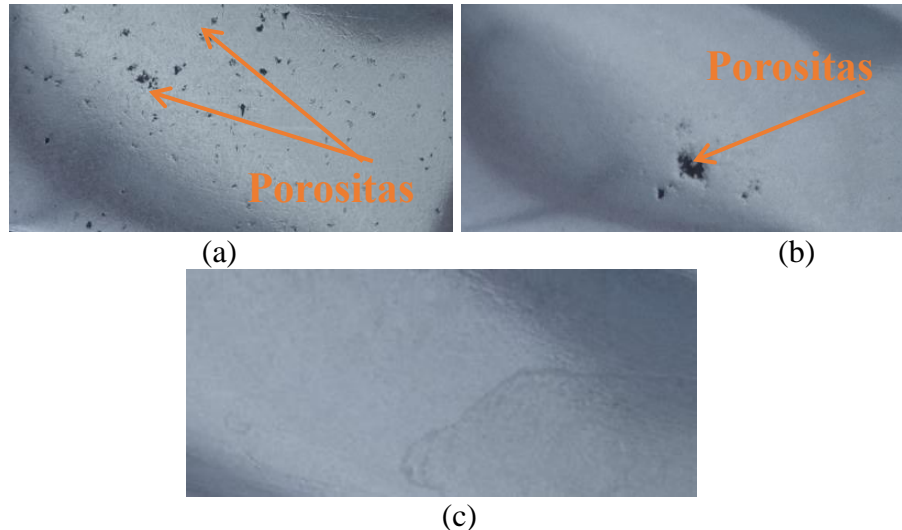
Gambar 4. Histogram Nilai *Density*

Berdasarkan gambar 4. metode pengecoran dengan variasi *sand casting* mempunyai nilai *density* yang sangat kecil dengan nilai 2507,02 kg/m<sup>3</sup> bila dibandingkan dengan ketiga metode pengecoran, dikarenakan laju pembekuan yang lambat dan banyaknya udara yang terjebak dalam cetakan pasir yang mengakibatkan kurang padatnya hasil produk coran dan dimungkinkan adanya porositas yang banyak pada produk hasil coran. Pada metode pengecoran variasi *gravity die casting* mempunyai nilai *density* lebih besar dengan nilai 2553,76 kg/m<sup>3</sup> bila dibandingkan dengan metode pengecoran *sand casting* karena tidak banyak udara yang terjebak didalam cetakan dan dimungkinkan adanya porositas yang terjadi. Pada metode pengecoran variasi *pressure die casting* mempunyai nilai *density* yang tinggi dengan nilai 2660,81 kg/m<sup>3</sup> dikarenakan adanya penekanan yang membantu dalam proses pembekuan dan terjadinya pemadatan didalam cetakan. Pada metode pengecoran *pressure die casting* nilai *density* sudah

sesuai dengan Aluminium dengan jenis C443.0 dengan *density* 2690 kg/m<sup>3</sup>. Menurut gambar 3 metode pengecoran sangat berpengaruh pada nilai *density* pada produk cor dan diprediksi berpengaruh pada porositas, besarnya nilai kekerasan, ukuran dan kerapatan pada unsur  $\beta$  dalam struktur mikro.

### 3.3 Hasil Pengamatan Porositas

Pengamatan ini dilakukan dengan foto makro menggunakan kamera dan dilakukan perbandingan hasil dari setiap variasi cetakan. Hasilnya sebagai berikut:

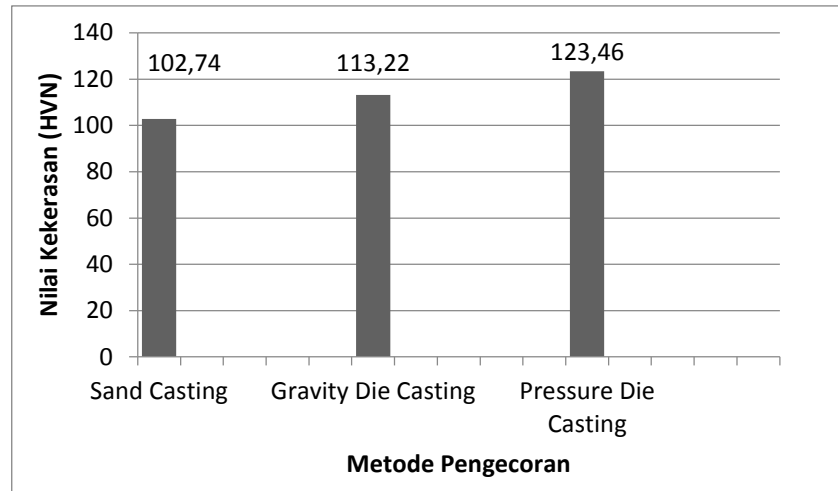


Gambar 5. Foto Makro Pengamatan Porositas (a) Metode *Sand Casting*, (b) Metode *Gravity Die Casting*, (c) Metode *Pressure Die Casting*.

Berdasarkan gambar 5 menunjukkan bahwa metode *Sand Casting* begitu banyak cacat porositas yang terjadi, hal ini disebabkan karena pasir mempunyai permeabilitas yang tinggi sehingga banyak udara yang terjebak selama proses penuangan pada cetakan pasir. *Gravity Die Casting* porositas yang terjadi semakin berkurang karena udara yang terjebak lebih sedikit. *Pressure Die Casting* mempunyai permukaan yang lebih halus dan porositas yang terjadi hampir tidak ada. Hal ini dikarenakan pembekuan yang terjadi dibantu dengan penekanan sehingga produk cor lebih padat dan besarnya nilai *density* membuktikan bahwa nilai *density* berpengaruh pada bagian dalam produk coran (porositas). Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar nilai *density* sebuah material maka porositasnya semakin sedikit. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Fitra Hermansya, dkk yang melakukan penelitian pengecoran al-si dan al-mg-si. Dengan hasil penelitian menggunakan cetakan logam porositas lebih rendah bila dibandingkan menggunakan Aluminium paduan Al-Si maupun Al-Mg-Si dibanding cetakan dari pasir dan cetakan keramik.

### 3.4 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Material Akademi Teknik Warga (ATW) menggunakan metode *Portable Hardness Vickers* dengan standart ASTM E384-11 sehingga menghasilkan nilai kekerasan dengan pembebanan yang diberikan sebesar 100 gram dan indentor piramida intan 136° selama 15 detik.



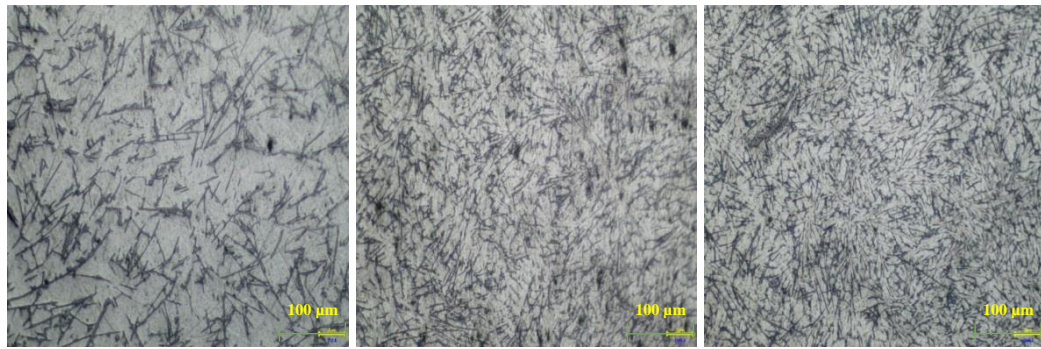
Gambar 6. Histogram Perbandingan Nilai Kekerasan

Berdasarkan gambar 6 metode pengecoran dengan *sand casting* memiliki nilai kekerasan sebesar 102,74 HVN, metode pengecoran *gravity die casting* memiliki nilai kekerasan sebesar 113,22 HVN, metode pengecoran *pressure die casting* memiliki nilai kekerasan sebesar 123,46 HVN. Dari data tersebut menunjukkan bahwa metode pengecoran berpengaruh pada nilai kekerasan pada produk cor Aluminium. Nilai kekerasan diperkirakan tahu gambaran tentang ukuran, distribusi dan kerapatan dari fasa  $\beta$  pada produk cor Aluminium. Semakin tinggi nilai kekerasan maka akan semakin kecil ukuran fasa  $\beta$ , dengan persebaran yang merata dan rapat.

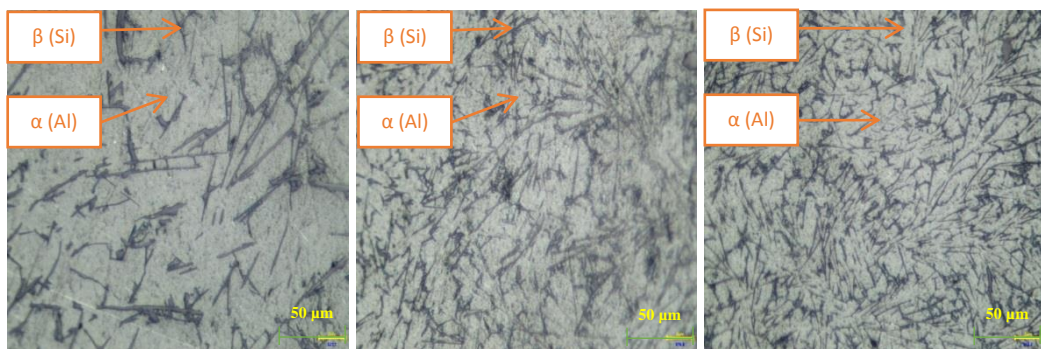
Unsur yang berpengaruh pada besarnya nilai kekerasan yaitu Si, Cu, Fe, Zn. Pada buku ASM vol. 2 *Properties and Selection : Non Ferrous and Special – Purpose Material*, Aluminium C443.0 mempunyai nilai kekerasan 65 HB yang setara dengan 69 HVN. Pada penelitian ini nilai dari kekerasan yang dihasilkan sudah melampaui dari standar yang ada.

### 3.5 Hasil Pengamatan Struktur Mikro

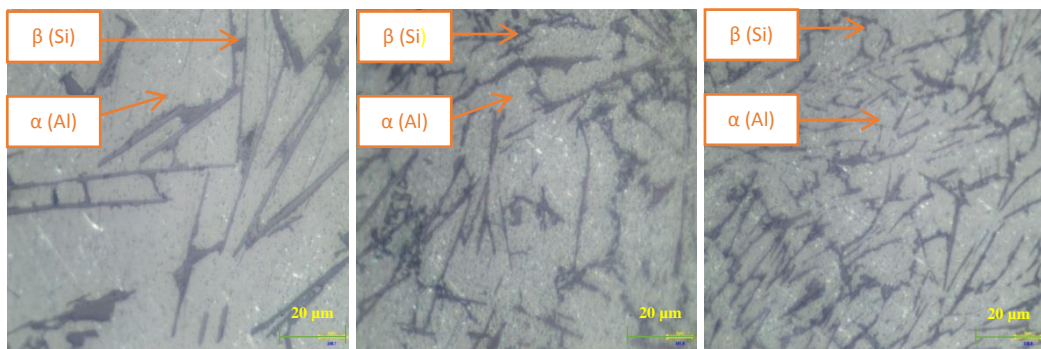
Pengamatan struktur mikro dilakukan di Laboratorium Metalografi, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS). Menurut standar pengujian metalografi ASTM E3-11 untuk bahan aluminium dengan pembesaran 100x, 200x dan 500x didapatkan gambar sebagai berikut :



Gambar 7. Pengamatan Struktur Mikro pada pembesaran 100x (a) Metode *Sand Casting*, (b) Metode *Gravity Die Casting*, (c) Metode *Pressure Die Casting*.



Gambar 8. Pengamatan Struktur Mikro pada pembesaran 200x (a) Metode *Sand Casting*, (b) Metode *Gravity Die Casting*, (c) Metode *Pressure Die Casting*.



Gambar 9. Pengamatan Struktur Mikro pada pembesaran 500x (a) Metode *Sand Casting*, (b) Metode *Gravity Die Casting*, (c) Metode *Pressure Die Casting*.

Struktur mikro dari produk coran Aluminium terdiri dari fasa  $\alpha$  (Al) Aluminium dan fasa  $\beta$  (Si) Silikon. fasa  $\alpha$  (Al) berwarna terang, fasa  $\beta$  (Si) berwarna gelap dan cenderung memanjang. Ketika laju pembekuan lama maka atom bergerak bebas untuk saling berikatan, maka fasa  $\beta$  akan terlihat besar namun tidak merata dan renggang, apabila laju cepat pembekuan cepat maka fasa  $\beta$  (Si) ukuran lebih kecil namun lebih merata dan rapat.

Pada metode pengecoran *Sand Casting* dapat dilihat fasa  $\beta$  (Si) terlihat mempunyai bentuk yang besar dan lebih renggang. Pada *Gravity Die Casting* terlihat persebaran mulai merata dan bentuk dari fasa  $\beta$  (Si) terlihat kecil. *Pressure Die Casting* terlihat fasa  $\beta$  (Si) lebih kecil dan merata dikarenakan adanya penekanan dan laju pembekuan cepat yang mengakibatkan fasa  $\beta$  (Si) lebih padat bila dibandingkan dengan *Sand Casting* maupun *Gravity Die Casting*. Hal ini membuktikan bahwa adanya pengaruh nilai kekerasan terhadap ukuran, distribusi dan kerapatan pada fasa  $\beta$  (Si). Penelitian ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan Martinus Mandala dkk (2016) melakukan penelitian tentang struktur mikro dan sifat mekanis Aluminium Al - 5,5% Si pada proses pengecoran menggunakan cetakan logam, cetakan pasir dan cetakan *castable*. Dengan hasil struktur mikro hasil cor cetakan logam terlihat struktur dendrite lebih kecil dan persebaran butir lebih merata dibandingkan hasil cetakan pasir dan *castable*, dengan demikian proses solidifikasi paling cepat terjadi pada cetakan logam.

## 4 PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dan analisa data hasil maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a) Hasil pengujian komposisi kimia dengan bahan dari piston bekas mengandung komposisi kimia Al 87,13%, Si 6,14%, Zn 2,87 % Mengacu pada standar ASTM B.85 *Standard Specification for Aluminum-Alloy Die Casting Aluminum* hampir mirip dengan jenis Aluminium C433.
- b) Metode pengecoran dengan *sand casting* mempunyai nilai *density* dengan nilai 2507,02 kg/m<sup>3</sup> dengan cacat porositas paling banyak, metode pengecoran *gravity die casting* mempunyai nilai *density* dengan nilai 2553,76 kg/m<sup>3</sup>, metode pengecoran *pressure die casting* mempunyai nilai *density* dengan nilai 2660,81 kg/m<sup>3</sup> dengan cacat porositas yang paling sedikit. Hal ini dapat disimpulkan pada pengamatan porositas semakin tinggi nilai *density* maka porositas yang terjadi semakin sedikit.
- c) Hasil pengujian kekerasan dengan metode *sand casting* memiliki nilai kekerasan sebesar 102,74 HVN, *gravity die casting* memiliki nilai kekerasan sebesar 113,22 HVN, *pressure die casting* memiliki nilai kekerasan sebesar 123,46 HVN. Dari data tersebut menunjukkan bahwa metode pengecoran berpengaruh pada nilai kekerasan pada produk cor Aluminium.

- d) Hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat bahwa metode pengecoran *sand casting* memiliki fasa  $\beta$  (Si) yang lebih renggang dan berbentuk lebih besar, metode pengecoran *gravity die casting* memiliki fasa  $\beta$  (Si) mulai terlihat kecil dan merata, metode pengecoran *pressure die casting* memiliki fasa  $\beta$  (Si) yang rapat dan ukurannya mengecil.

## 4.2 Saran

Setelah melakukan penelitian dan analisa data, penulis memberikan saran sebagai berikut :

- a) Membaca studi literatur yang berkaitan dan studi lapangan karena banyak permasalahan yang terjadi pada saat proses pengecoran.
- b) Pengecekan temperatur harus selalu terjaga agar hasil produk cor baik.
- c) Gunakan alat ukur yang telah terkalibrasi agar pengukuran lebih akurat dan data yang didapatkan lebih akurat.
- d) Gunakan termometer yang responsif karena temperatur coran berubah dengan sangat drastis.

## DAFTAR PUSTAKA

Abdillah Fuad. 2009. *Perlakuan Panas Paduan Al-Si pada Prototipe Piston*

Berbasis *Material Piston Bekas*. Magister Teknik Mesin. Universitas

Diponegoro. Semarang.

American Society for Metal Handbook Vol 2. *Properties and Selection : Non*

*ferrous and Special – Purpose Material*. ASM Handbook Commite. USA.

American Society for Metal Handbook Vol 7, 8<sup>th</sup> Edition. *Atlas of Microstructure*

*of Industrial Alloy*. ASM Handbook Commite. USA.

American Society for Metal Handbook Vol 15, 9<sup>th</sup> Edition. *Casting*. ASM

Handbook Commite. USA.

Beeley. 2001. *Cacat Coran dan Pencegahannya*. Fakultas Teknik Mesin. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.

Callister, W. D. 2001. *Fundamentals of Materials Science and Engineering*. Department of Metallurgical Engineering The University of Utah.

Drihandono Sulis dan Budiyanto Eko. 2016. *Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan, dan Tekanan Pada Pengecoran Bertekanan (High Pressure Die Casting/HPDC) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Silikon (Al-Si 7,79 %)*.

Drihandono Sulis dan Budiyanto Eko. 2016. *Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan, dan Tekanan Pada Pengecoran Bertekanan (High Pressure Die Casting/HPDC) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Silikon (Al-Si 7,79 %)*. Teknik Mesin. Universitas Diponegoro.

Harmanto, Sri, dkk. 2013. *Pengaruh Temperatur Cetakan Logam Terhadap Kekerasan Pada Bahan Aluminium Bekas*. Teknik Mesin. Politeknik Negeri Semarang.

Hermansyah Fitra. 2017. *Studi Hasil Cor Paduan Aluminium Dengan Bahan Cetakan Yang Berbeda*. Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

Lauki, Hans Ivar. 2004. *High Pressure Die Casting of Aluminium and Magnesium Alloys*. Norwegian : University of Science and Technology (NTNU).

- Martinus Mandala, Siradj Eddy, Djamil Sofyan. 2016. *Struktur Mikro dan Sifat Mekanis Aluminium (Al-Si) pada Proses Pengecoran Menggunakan Cetakan Logam, Cetakan Pasir dan Cetakan Castable*. Teknik Mesin. Universitas Tarumanagara.
- Nindhia, Tjokorda Gede Tirta. 2017. *Teknik Pengecoran Logam Bukan Besi*. Fakultas Teknik Universitas Udhayana Denpasar.
- Paryono, dkk. 2018. *Karakterisasi Produk Pengecoran Manual High Pressure Die Casting Pada Material Adc 12*. Jurnal Teknis ISBN : 978-602-5614-35-4.
- Purwanto, Helmy, dkk. 2011. *Pengaruh Temperatur Cetakan Pada Pengecoran Squeeze Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Alminium Daur Ulang (Al-6,4%Si-1,93%Fe)*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2 Tahun Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Surdia, T. 1999. *Teknik Pengecoran Logam*. PT. Pradnya Paramitha
- Tjitro Soejono. 2000. *Pengecoran Squeeze*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Petra. Surabaya
- Surdia, Tata & Saito, Shinroku. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik*. (edisi kedua). Jakarta: Pradnya Paramita.